

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# 公開実用平成 2-136465

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 実用新案出願公開

⑫ 公開実用新案公報(U) 平2-136465

⑬ Int.Cl.<sup>9</sup>  
H 02 K 11/00

識別記号 庁内整理番号  
D 7304-5H

⑭ 公開 平成2年(1990)11月14日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全 頁)

⑮ 考案の名称 回転電機

⑯ 実 願 平1-44517

⑰ 出 願 平1(1989)4月18日

⑱ 考 案 者 西 島 令 宰 神奈川県横浜市鶴見区末広町2-4 株式会社東芝京浜事業所内

⑲ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

⑳ 代 理 人 弁 理 士 則 近 憲 佑 外1名

明 細 書

1. 考案の名称

回転電機

2. 実用新案登録請求の範囲

(1) 通電によるジュール熱により温度上昇する発熱部に設けられた温度検出センサーと、前記発熱部の通電電流を測定する電流検出センサーと、一運転間隔をデータを再入力する演算の繰返し時間として前記電流検出センサーから通電開始を基準時間として通電開始以降の電流検出信号を入力し通電経過時間に同調し所定の時間間隔ごとに発熱部の電流密度を出力する第1の演算手段と、前記電流密度出力信号と温度検出センサーから通電当初の検出信号を入力し発熱部の熱的質的物理量により決まる定数と同電流密度の2乗値を基準時間から現時点まで積分する算術計算に基づき発熱部の蓄熱による上昇温度を所定の時間間隔ごとに出力する第2の演算手段と、同発熱部の上昇温度出力信号と前記温度検出センサーから通電当初の検出信号を入力し引き算により発熱部の温度上昇

733

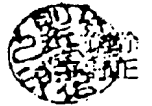
を出力する第3の演算手段と、これら3つの演算手段より得られる各出力要素と予め定めた設定値との大小を比較し異常の有無を出力する比較手段と、比較判別された各出力信号を異常の内容に応じて振り分けて入力し異常内容に応じた警報及び表示信号を出力する警報表示手段と、前記各演算手段で得られた各出力信号を前記比較手段、警報表示手段、または各検出センサーの少なくともどれか1つの出力信号と共に入力しこれらの異常に至る履歴が分るように同期させて記録する記録手段とを備えたことを特徴とする回転電機。

(2) 警報表示装置により警報及び表示がなされた場合に、温度検出センサーの検出信号に基づき、発熱部が所定の安全な温度に低下したことを判別し基準時間に戻り演算手段内のデータを放出後発熱部の温度監視を再開することを特徴とする~~実用~~  
~~新案登録請求の範囲~~<sup>請求項</sup>第(1)項記載の回転電機。

(3) 発熱部の初期温度を基準温度とする代りに冷却空気温度を測定する温度検出センサーを設け同検出センサーからの検出信号を基準温度として、



発熱部の上昇温度出力信号と同基準温度とを引き算することにより発熱部の温度上昇の演算を行うことを特徴とする~~実用新案登録請求の範囲第(1)項~~<sup>請求項</sup>記載の回転電機。



### 3. 考案の詳細な説明

〔考案の目的〕

（産業上の利用分野）

本考案は急激な温度変化を伴う回転電機に係り、特に短時間定格回転電機の温度監視に関するものである。

（従来の技術）

例えば急峻な負荷変動を伴う、核融合の大容量電源として、回転エネルギーを瞬時に電力に変換するフライホイール発電装置（以下発電装置と呼ぶ）が使用されるようになった。この発電装置には主として類似構造となる大形の立軸水車発電機の技術が一般的に用いられている。

第4図は一般的な発電装置の断面図である。

その構造は下部に原動機としての水車がないことを除けば、上部に駆動用電動機を直結した立軸

発電電動機に酷似し、固定子(1)、回転子(2)、駆動用電動機(3)、運転中に機内で損失として生ずる熱量を機外に除去する空気冷却器(4)、冷却を循環式とするための風道(5)から構成されている。

冷却方式は、容量、構造寸法が大きい場合、冷却効果の高い別置き電動ファン(6)を設けた他力通風方式が採用される。

発電装置から電力を取り出す標準的な方法は第5図の線aに示すように、ある回転数 $n_1$ (rpm)から所要の回転数 $n_2$ (rpm)まで、回転子(2)を駆動用電動機(3)により加速し、回転数が $n_2$ に達した時に加速を止め、界磁巻線(7)に励磁を加え、同期機の原理に基づき電機子巻線(8)に電力が発生し、口出し線(9)を介して外部へ電力が供給される。

回転子(2)に蓄積された回転エネルギーが瞬時に電気エネルギーに変換され、電力が発電装置から放出されると、元々回転子(2)が保有していた回転エネルギーが消費されるため、回転子(2)の回転数 $n$ は、 $n_2$ より降下する。

回転数が $n_1$ まで降下した時に発電を止め、再

度駆動用電動機(3)により回転子(2)を必要とするエネルギーを得るための任意の回転数まで加速する。

発電装置はこのような運転を繰返し行い、負荷に対し大電力を瞬時かつ間欠的に供給する。

この時に放出される全エネルギーEは次式(1)で表現される。

$$E = \frac{1}{730} \cdot G D^2 \cdot (n_2^2 - n_1^2) \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

ここで E : 1 運転時の放出エネルギー (G J oule)

G D<sup>2</sup> : 回転系のフライホイール効果 (t-m<sup>2</sup>)

n<sub>2</sub> : エネルギー放出前の回転子の回転数 (rpm)

n<sub>1</sub> : エネルギー放出後の回転子の回転数 (rpm)

同時に発電装置内の損失が発生する部位で発熱が生じ、温度上昇を持たらすので、発電装置の信頼性、性能の維持を図るため、各発熱部に対する温度監視を行い、保護処理が取れる対応をする必要がある。

ところで従来は安全上または電気絶縁上、各発熱部の局部または近傍に絶縁材で被覆した抵抗温度素子や熱電対素子を埋め込み、検出される素子

の抵抗変化や熱起電力の大きさ等により温度を監視する、間接的、局部的手段や、発熱部自体の平均抵抗値を検出して抵抗法により、温度を監視する手段等が採用されていた。

(考案が解決しようとする課題)

ところが特に負荷変動の絶対値やその時間的変化量が大きくなり、急激な温度変動が伴う場合に、次のような問題が生じるようになった。

- i) 測温方法が間接的であり、発熱部温度の真値が把握できない。
- ii) センサーの感度や取付位置の制約により、発熱部自体の蓄熱による自己加熱現象にセンサーの感度、精度が追従できない。
- iii) 局部過熱箇所の存在が無視できず、発熱部全体にわたる信頼性の高い温度監視ができない。

このような実情において、発電装置発熱部全体にわたる真の温度監視が十分に行えないため、信頼性、性能の維持を前提とした運転ができず、安全率を過剰に設定した設計を余儀なくされ、寸法が大きく高価な装置となる欠点があった。



本考案は以上の欠点に鑑み、発熱部全体の温度監視を安全で合理的な手段により行える信頼性、経済性の高い回転電機を提供することを目的とする。

〔考案の構成〕

（課題を解決するための手段）

上記目的を達成するため本考案においては、通電によるジュール熱により温度上昇する発熱部に設けられた温度検出センサーと、前記発熱部の通電電流を測定する電流検出センサーと、一運転間隔をデータを再入力する演算の繰返し時間として前記電流検出センサーから通電開始を基準時間として通電開始以降の電流検出信号を入力し通電経過時間に同調し、所定の時間間隔ごとに発熱部の電流密度を出力する第1の演算手段と、前記電流密度出力信号と温度検出センサーから通電当初の検出信号を入力し発熱部の熱的質的物理量により決まる定数と同電流密度の2乗値を基準時間から現時点まで積分する算術計算に基づき発熱部の蓄熱による上昇温度を所定の時間間隔ごとに出力す

る第2の演算手段と、同発熱部の上昇温度出力信号と前記温度検出センサーから通電当初の検出信号を入力し引き算により発熱部の温度上昇を出力する第3の演算手段と、上記3つの演算手段より得られる各出力要素と予め定めた設定値との大小を比較し異常の有無を出力する比較手段と、比較判別された各出力信号が異常の内容に応じて振り分けて入力し異常の内容に応じた警報及び表示信号を出力する警報表示手段と、前記演算手段で得られた各出力信号を前記比較手段、警報表示手段、または各検出センサーの少なくとも何れか1つの出力信号と共に入力しこれらの異常に至る履歴が分かるように同期させて記録する記録手段とを備えた構成とする。

すなわち本考案は発熱部が短時間内においては、熱が放散されることなく蓄熱により温度上昇することに着目し、安全上発熱部に直接温度センサーを取付けることなく、例えば通電電流 $i$ の大きさと、その経過時間 $t$ 、及び従来手段により発熱部の定常時の初期温度 $\theta_1$ を検出し、その他既知

の発熱体自体の熱的質的物理定数，渦電流損係数等の諸量により、算術的に発熱部の温度上昇を求めた上で、予め定めた設定値との比較判定を行い、必要に応じ警報を発するようにしたものである。

(作用)

上記のように構成された本考案の回転電機は次のように作用する。

今通電発熱部の各定数，諸元を次のように定める。

$1 \text{ (kcal)} = 4.186 \text{ (kw, sec)}$  熱の仕事当量

$\sigma(t)$  : 通電発熱部の電流密度  $(\text{A} / \text{m}^2)$

$\rho$  : 通電発熱部の固有抵抗  $(\Omega \text{ m})$

$\gamma$  : 通電発熱部の密度  $(\text{kg} / \text{m}^3)$

$C$  : 通電発熱部の比熱  $(\text{kcal} / \text{kg} \cdot \text{deg})$

$T$  : 通電発熱部の抵抗温度係数の逆数 (定数)

$\theta_1$  : 通電発熱部の初期温度  $(^\circ\text{C})$

$\theta_2$  : 通電発熱部の最終温度  $(^\circ\text{C})$

$K_e$  : 通電発熱部の  $75^\circ\text{C}$  における渦電流損と直流抵抗損の比 (導体の形状で決まる定数)

$L_1$  : 通電発熱部の  $75^\circ\text{C}$  における  $1 \text{ kg}$  当りの直流抵抗損  $(\text{kw} / \text{kg})$

$L_\theta$  : 通電発熱部の  $\theta^\circ\text{C}$  における 1 kg 当りの直流抵抗損  
(kw/kg)

$W_\theta$  : 通電発熱部の  $\theta^\circ\text{C}$  における 1 kg 当りの 1 秒間の発熱量  
(kcal/kg·sec)

$L_z$  : 通電発熱部の  $\theta^\circ\text{C}$  における 1 kg 当りの交流抵抗損  
(kw/kg)

$\theta^\circ\text{C}$  における交流抵抗損  $L_z$  は下式で示される。

$$L_z = L_1 \times \frac{75+T}{\theta+T} \left\{ \left( \frac{\theta+T}{75+T} \right)^2 + K_e \right\} \quad (2)$$

$$\text{また } L_1 = \frac{\sigma^2(t) \times \rho}{\gamma} \times 10^{-3} \text{ より} \quad (3)$$

$$W_\theta = \frac{L_z}{4.186} = \frac{\sigma^2(t) \times \rho \times 10^{-3}}{4.186 \times \gamma} \times \left( \frac{75+T}{\theta+T} \right) \times \left\{ \left( \frac{\theta+T}{75+T} \right)^2 + K_e \right\} \quad (4)$$

$$\text{ところで } \frac{d\theta}{dt} = \frac{W_\theta}{C} \text{ より } \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{d\theta}{W_\theta} = \int_0^t \frac{dt}{C} \quad (5)$$

(4), (5) 式より

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{\left( \frac{\theta+T}{75+T} \right)}{\left( \frac{\theta+T}{75+T} \right)^2 + K_e} d\theta = \frac{9 \times 10^{-3}}{4.186 \times \gamma \times C} \int_0^t \sigma^2(t) dt$$

$$\log_e \left\{ \frac{\left( \frac{\theta_2+T}{75+T} \right)^2 + K_e}{\left( \frac{\theta_1+T}{75+T} \right)^2 + K_e} \right\} = \frac{2 \times \rho \times 10^{-3}}{4.186 \times \gamma \times C \times (75+T)} \times \int_0^t \sigma^2(t) dt \quad (6)$$

となる。

更に(6)式を  $\theta_2$  について解くこと、

$$\theta_2 = (75+T) \times \sqrt{\left\{ \left( \frac{\theta_1 + T}{75+T} \right)^2 + K_e \right\} \times e^{\frac{\rho \times 10^{-9}}{2.093 \times \gamma \times C \times (75+T)} \times \int_0^t \sigma^2(t) dt} - K_e - T} \quad (7)$$

となる。

従って  $\sigma$  の値の時間的経過  $\sigma(t)$  と、第1表発熱部に使用される素材の物理量初期温度  $\theta_1$  を検

	電 気 銅	軟 鋼 (SS41)
75℃における $\rho$ ( $\Omega \cdot m$ )	$2.1 \times 10^{-9}$	$19 \times 10^{-9}$
T	235	180
C (kcal/kg deg)	0.094	0.11
$\gamma$ ( $kg/m^3$ )	$8.89 \times 10^3$	$7.85 \times 10^3$

出すればその他は既知であるので、(7)式により発熱部の蓄熱による上昇温度が演算により求められる。

簡便な例として  $K_e$  が無視できる場合及び更に  $\sigma(t)$  が一定の場合には(7)式より、それぞれ

$$\theta_2 = (\theta_1 + T) \times e^{\frac{\rho \times 10^{-3}}{4.186 \times \gamma \times C \times (75 + T)} \times \int_0^t \sigma^2(t) dt} - T \quad (7a)$$

$$\theta_2 = (\theta_1 + T) \times e^{\frac{\rho \times \sigma^2 \times t \times 10^{-3}}{4.186 \times \gamma \times C \times (75 + T)}} - T \quad (7b)$$

となる。

これらの時間経過と同調した電流  $i(t)$  と初期温度  $\theta_1$  を各検出センサーにより検出し、同センサーからの出力信号により上記  $\sigma(t)$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_2 - \theta_1$  をそれぞれ演算する演算要素と、同演算要素からの出力信号と予め定められた設定値との大小判定が比較判定要素により行われ、各判定要素が設定値を越えた時に、警報表示要素により異常の警報を発し表示する。

(実施例)

以下発熱部を電気銅線からなる電機子コイル(10)とした場合の本考案の一実施例を示す第1図を参照して説明する。電機子コイル(10)が電機子鉄心スロット(11)に収納された部分に、温度センサーとした抵抗温度計(12)を挿入し、電機子電流の検出センサーとして、口出し線(9)に変流器(13)

を取付ける。

第3図は本考案に適用した電機子コイル温度監視のブロック回路図である。同図において、発電装置が運転を開始する時間 $t$ を予め基準時間 $t = 0$ (秒)に設定し、演算回路(B-1)は電流センサー(A-1)から信号(a-1)が入力され、電機子電流を密度 $\sigma$ の次元に変換すると同時に、時間経過に同調して所定の時間間隔 $t_i$ (秒)ごとに、電流密度 $\sigma(t)$ を信号X1として出力する機能を有する。

演算回路(B-2)は温度センサー(A-2)から電機子コイル(10)の初期温度 $\theta_1$ として信号(a-2)と演算回路(B-1)の出力信号X1が入力され、前述の算術式(7)に準じて所定の時間間隔 $t_i$ (秒)ごとに $t = 0$ の時点から現時点までの積分計算を行い、電機子コイル(10)の上昇温度 $\theta_2$ を信号X2として出力する機能を有する。

尚本実施例では第1表に示した電気銅の熱的物理量を算術式(7)に代入すると、

$$\theta_2 = 310 \times \sqrt{\left\{ \left( \frac{\theta_1 + 235}{310} \right)^2 + K_e \right\} \times e^{3.87 \times 10^{-17} \int_0^t \sigma^2(t) dt} - K_e - 235} \quad (7c)$$

$K_e$ については既知の電機子コイル(10)や電機子鉄心の寸法、電機子コイル(10)の銅素線の構成等に基づき、 $K_e = 6.0 \times b \times \Psi \times (f/60)^2 \times \{r \times n \times (d/in)^2\}^2$  (A I E E 27-2月 P101~111)により求められる。

そして演算回路(B-3)は温度センサー(A-2)からの信号(a-2)と演算回路(B-2)から信号X2が入力され、 $(X-2) - (a-2)$ の引き算を行い電機子コイル(10)の温度上昇値として信号X3を出力する機能を有する。

次にこれら演算回路(B-1), (B-2), (B-3)からの出力信号X1, X2, X3がそれぞれ比較器(C-1), (C-2), (C-3)に入力され、同比較器は各比較要素と予め定められた各設定値との大小比較を判定し、各比較要素が各設定値を越えた場合に異常信号としてX1, X2, X3を出力する機能を有する。

そして比較器(C-1), (C-2), (C-3)から出力信号X1, X2, X3が発せられると、同信号は警報表示器(D)にそれぞれ入力され、同



警報表示器はそれぞれ電流密度、電機子コイル温度、同温度上昇の異常として警報及び表示する。

また同時にデータ集積のため、各センサー(A-1)、(A-2)からの信号(a-1)、(a-2)、演算回路(B-1)、(B-2)、(B-3)からの信号X1、X2、X3及び比較器(C-1)、(C-2)、(C-3)からの信号X1、X2、X3を合せて記録装置(E)に入力するように構成する。

発電装置が前述の方法で運転に入り、励磁が界磁巻線(7)に加えられると、電機子電流が電機子コイル(10)に流れ外部へ電力が供給されると共に、発生する損失の加減により、電機子コイル温度が増減する。

この時電機子の通電開始時( $t = 0$ )の電機子コイル温度が温度センサー(A-2)により、経過時間に同調して電機子電流が電流センサー(A-1)によりそれぞれ検出される。

かくして各センサーで検出された信号が所定の演算回路(B-1)、(B-2)、(B-3)に入力され、同演算回路にて各検出要素を算出する。

特に演算回路(B-2)においては、積分要素が含まれ、現実には電流密度 $\sigma(t)$ を連続量として扱うことは困難であるので、サンプル値として50msec間隔での $\sigma(t)$ を取り込み、所定の演算を行うことで十分精度が得られ、しかも現行技術から見て許容可能な計測条件である。第2図は時間経過と電流密度 $\sigma(t)$ 、コイル上昇温度の関係の一例を示したものである。またこのようなサンプル間隔は負荷変動の状況に応じ調整できるものである。

尚一演算時間は発電装置の一負荷運転時間に設定し、次の負荷運転時には、時間の基準を $t=0$ にリセットし、初めの演算から新めて繰返すようにする。

次に各演算回路からのアナログ出力信号がデジタル信号に変換され、各比較器に入力される。これらの比較器から各比較要素が同設定値を越えた時に、各異常信号X1, X2, X3がそれぞれ分けられて警報表示器(D)に入力され、異常の内容を表示すると同時に、例えばブザーを鳴動させその旨を報知させる。

更に備えられた記録装置(E)に隨時必要なデータが記録されるので、履歴の調査、正常時の比較が行える。

本実施例においてはこのように急激な負荷変動に対応するため、電機子コイル(10)全体の蓄熱による温度上昇を精度、時間的な追従性が良くしかも安全に温度監視できるようになるので、発電装置の信頼性、性能の維持が確實に行える。

次に本考案の変形例について述べる。例えば警報表示器(D)により、警報及び表示がなされた場合に従来の電機子コイル温度監視と合せ、埋込み抵抗温度計の指示値に基づき安全なコイル温度に低下したことを判断して電機子コイル温度の監視を再開するようにブロック構成することが可能である。

また電気銅材からなる界磁コイルに適用することも容易にできる。

この場合界磁コイルの基準温度(初期温度)をコイル自体を抵抗法により計測する手段を用いれば良い。一般に界磁巻線端の電圧 $V_f$ と通電電流

$I_f$  をパイロットブラシと電流シャントにて測定し、(8)式の関係式により巻線温度  $\theta_f$  を算出する。

$$\text{巻線抵抗 } R_f = \frac{V_f}{I_f} = \frac{\theta_f + 235}{20 + 235} \times R_{20}^{\circ\text{C}} \quad (8)$$

ここで  $R_{20}^{\circ\text{C}}$ : 20℃における既知の巻線抵抗( $\Omega$ )

この  $\theta_f$  を初期温度として取り込み、直流通電であれば  $K_e = 0$  と扱えるので前述の(7a)式によりコイル上昇温度を算出することが可能となる。

電流密度の計算、各設定値の調整をすればその他は上述の電機子コイルの場合と同様である。

さらに、界磁電流を回転子側に供給するコレクターリング装置に適用することも可能である。この場合リング素材が軟鋼であれば各物理量は第1表に示す通りであり、上昇温度の式は(7a)式に諸量を代入すると

$$\theta_2 = (\theta_1 + 180) \times e^{2.06 \times 10^{-16} \int_0^t \sigma^2(t) dt} - 180 \quad (7d)$$

となる。

基準温度として簡便に間接的なブラシ温度で代

用しても大きな誤差はない。

この場合一般に電気絶縁処理を施した熱電対素子（銅・コンスタンタン線）をブラシ自体に埋め込み測温する。この測温値をコレクターリングの基準温度として取り込むことにより、その他は上記の例と同様に行えば良い。

〔考案の効果〕

以上述べたように本考案によれば、負荷が量的にも時間的にも急変動したとしても、回転電機の通電発熱部に対し精度、感度の優れ、安全でしかも通電発熱部全体を監視対象とした温度監視が行える上、主機の有する過剰な安全率の適正化が図れるので、信頼性、安全性、経済性の高い回転電機を提供することができる。

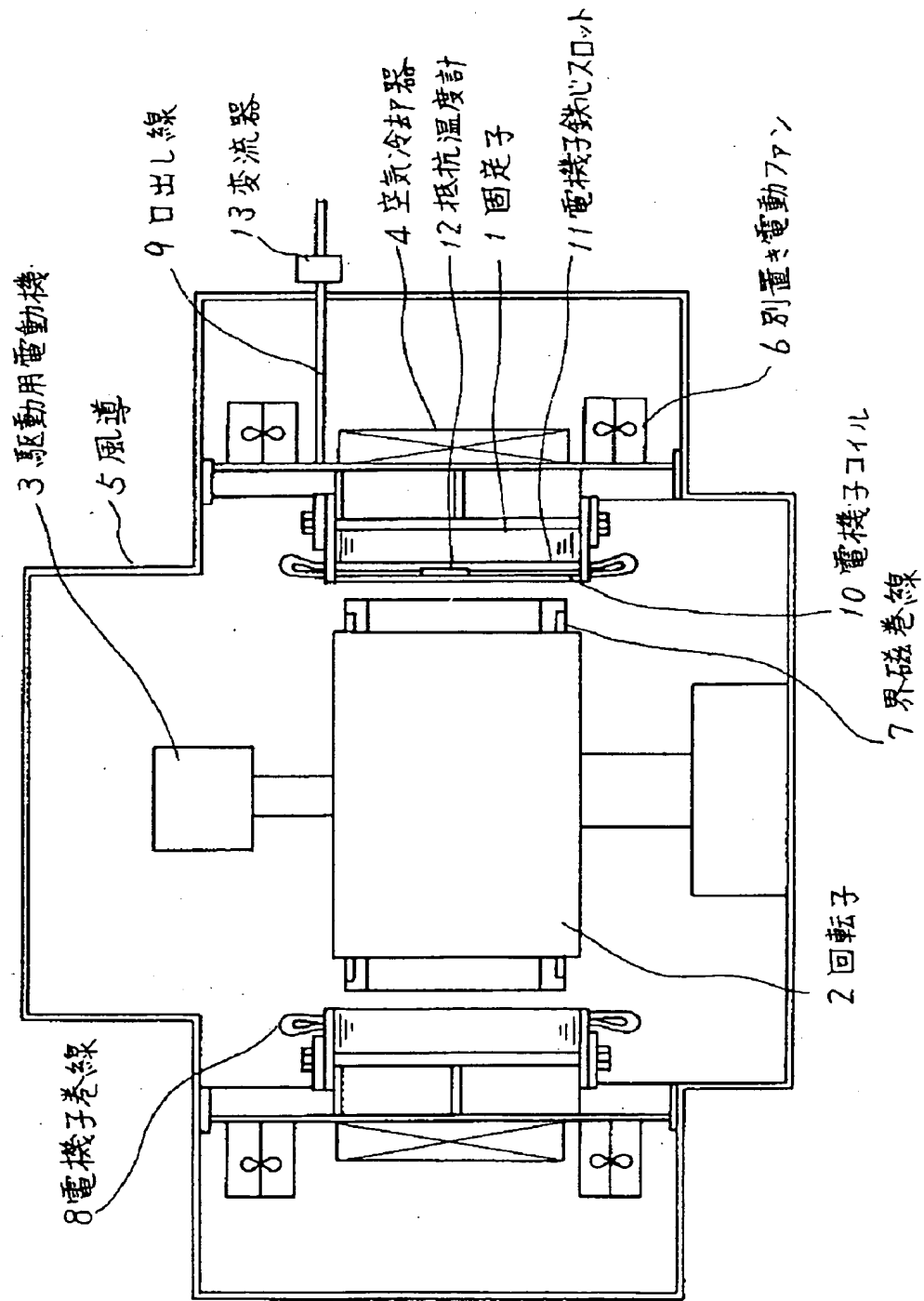
特に主機は大容量かつ大形化する傾向が強く、時代の需要に十分応えるものであり、かつ短時間ではあるが当初の定格容量を越えた負荷で運転される場合や負荷要領そのものが未知数で予想できず、その後定格負荷を越えた負荷で刻々と変動する運転をされる場合には、本考案の効果はさらに

大きいと言える。

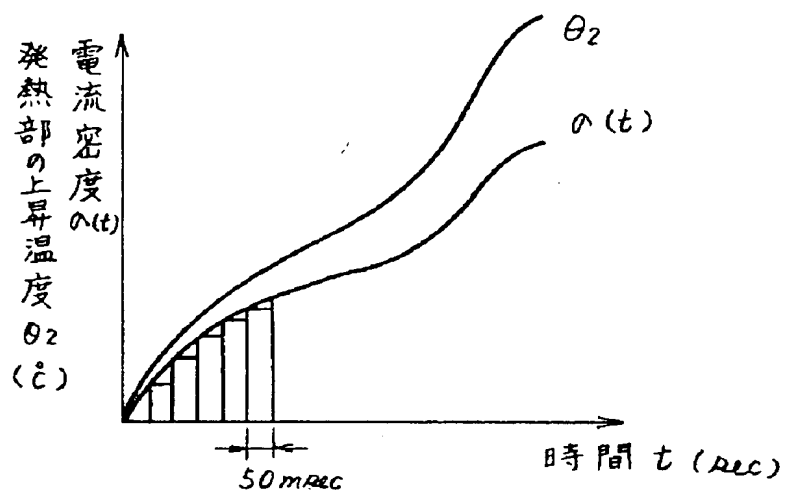
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本考案の一実施例によるフライホイール発電装置の断面図、第2図は経過時間と電流密度及び発熱部の上昇温度の関係を表わす特性図、第3図は本考案に係る回転電機の電機子コイルを対象としたブロック回路図、第4図は従来のフライホイール発電装置の断面図、第5図はフライホイール発電装置の運転パターンを示す線図である。

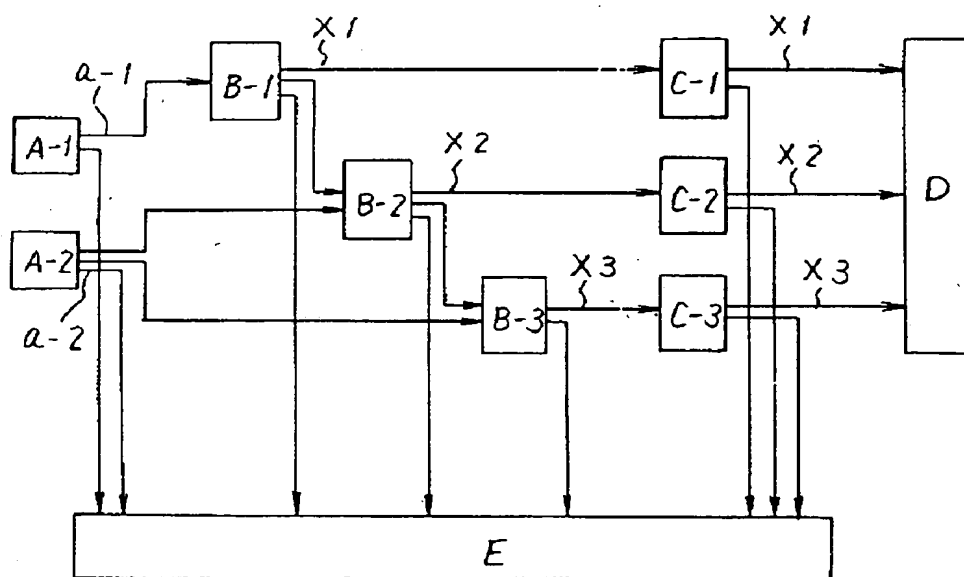
- |                          |            |
|--------------------------|------------|
| 1…固定子                    | 2…回転子      |
| 3…駆動用電動機                 | 4…空気冷却器    |
| 5…風道                     | 6…別置き電動ファン |
| 7…界磁巻線                   | 8…電機子巻線    |
| 9…口出し線                   | 10…電機子コイル  |
| 11…電機子鉄心スロット             | 12…抵抗温度計   |
| 13…交流器                   |            |
| (A-1), (A-2)…検出センサー      |            |
| (B-1), (B-2), (B-3)…演算回路 |            |
| (C-1), (C-2), (C-3)…比較器  |            |
| D…警報表示器                  | E…記録装置     |



第 1 図

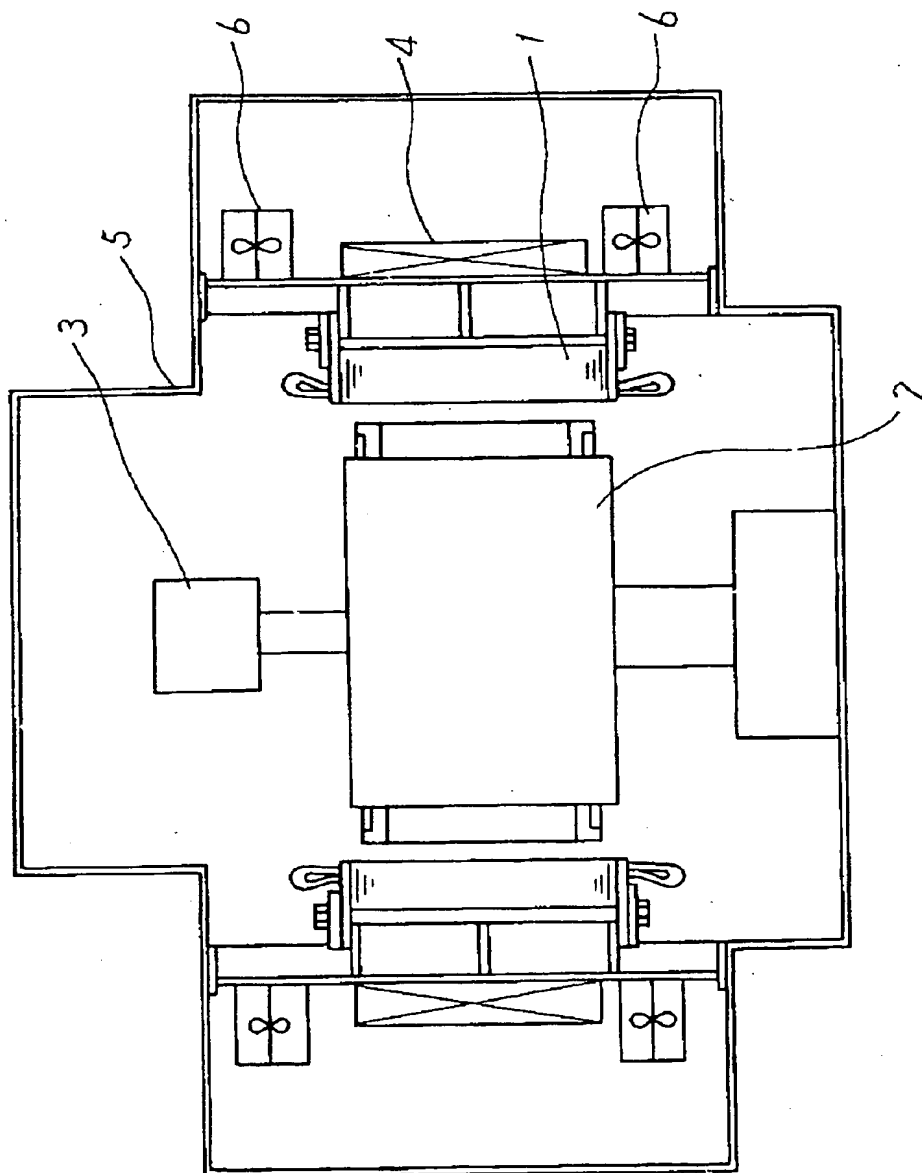


第 2 図



第 3 図

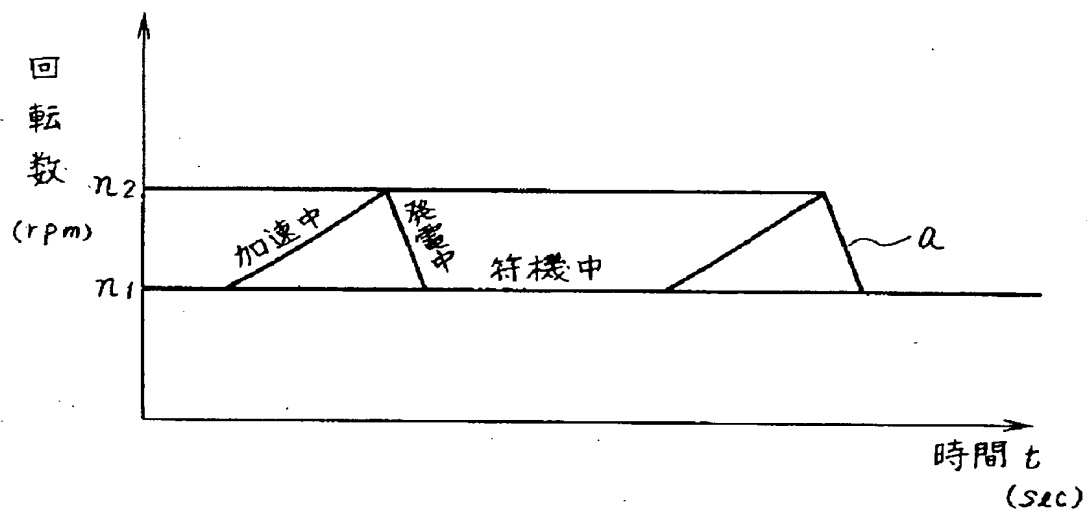




第 4 図

755

実開2-13646



第 5 図